DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 28. September 1928 | Heft 39

Zum Bewegungsmechanismus der Erdkruste.

Von J. L. Wilser, Freiburg i. Br.

Jede Wissenschaft entwickelt sich in Etappen, abgegrenzt durch große Entdeckungen oder sammelnde und dabei neuartig konstruierende Synthesen. Bei der Geologie sind die großen Entdeckungen mehr der Praxis als der Wissenschaft zugute gekommen. Letztere hat ihre Rhythmen und neuen Antriebe fast allein von genialen Zusammenfassungen erhalten. E. Suess war der erste, der gesetzmäßige Züge über den ganzen Erdball spannte, mit einem Plan, der sich auf dem Axiom der dauernden Schrumpfung, der Verkleinerung der Erde seit dem Nebularzustand aufbaute. Im wesentlichen sind *radiale*, zentripetale Vorgänge am Werk, Bewegungsarten der Schwere. Hebungen und horizontale Verschiebungen in der Erdkruste sind Folgeerscheinungen der ersteren. „Es ist der Niederbruch des Erdballes, dem wir beiwohnen." Das Suesssche Werk ist bezeichnend für seine Generation, achtungsvolle Sammlung des Einzelstoffes und meisterhafte, intuitive Verarbeitung nach einem traditionellen, autoritativen Gesetz.

Anders die neuere Generation; sie sucht Linien, Rhythmus, Organisation; sie macht sich freier von Einzelbild und Überlieferung. *Horizontale* Bewegungen werden das Entscheidende im äußeren Bau der Erde und im Innern; die Deckentheorie verfrachtet ganze Gebirgsstreifen in fremde Länder. Kobers zusammenfassender „Bau der Erde" sieht alte starre Tafeln (Canada, Sibirien, Afrika usw.), Kratogene, die sich bei der fortdauernden Schrumpfung der Erdhaut aus den geosynklinalen Senken, aus den Orogenen, *periodisch* mit zum großen Teil überschobenen Kettengebirgskränzen umgürten. In Stilles „Grundfragen der vergleichenden Tektonik" wird straffe Disziplin in die Vorgänge gebracht, sie sind alle weltweit gleichzeitig, epirogenetisch oder orogenetisch, durch allseitige Seitendrucke erzeugt, wie bei Kober.

Doch zahlreiche Stimmen wenden sich gegen das Axiom von der Schrumpfung der Erde und auch gegen die lokale Stabilität der großen alten Schilde der Kontinentalschollen. A. Wegener zog zuerst allgemeinere Folgen hieraus, indem er die beiden Amerika von Europa und Afrika nach Westen sich loslösen, abtriften und dadurch den Atlantischen Ozean eintiefen läßt. Auch Europa und Afrika sollen in dieser Westbewegung folgen, aber wesentlich langsamer, an den ostasiatischen Inselkränzen vom pazifischen Raum abreißend. Wenig Zustimmung von geologischer Seite ist dieser Art von *Spezial*mechanismus zuteil geworden. Stratigraphie und Paläontologie enthalten schwerwiegende Gegengründe und die Auffassung von der Permanenz der Kontinente und Ozeane ist zu fest verankert. Diese Tatsachen durchaus berücksichtigend, treten doch Ampferer, Kossmat, Argand u. a. entschieden für ein Schwimmen der Kontinente als bewegliche Körper in einem plastischen Untergrund ein. Außer isostatischen Vertikalausgleichen gibt es auch Bewegungen der Erdteile nach den Seiten, Rahmenfaltung im Kleinen und im Großen.

Eine neueste Synthese, die des bekannten Schweizer Alpengeologen Rudolf Staub, „der Bewegungsmechanismus der Erde, dargelegt am Bau der irdischen Gebirgssysteme", bringt soeben neuen Antrieb in die schon etwas erlahmende Diskussion über das gegenseitige Verhältnis der Großformen des Globus. Das Buch rückt mit überraschenden Wendungen Vorstellungen in den Vordergrund, die zurückgedrängt waren, läßt dagegen andere bisher herrschende Ideen stillschweigend verschwinden. Es sind nicht zunftgerechte geologische Gedankengänge, sondern geomorphologische und mechanische Erwägungen, abgeleitet aus dem gegenwärtigen Bild des Erdantlitzes. Die Analyse der alpinen Gebirgslinien führt zur Erörterung ihrer Ursachen und damit zur Vorstellung eines einheitlichen Bewegungsmechanismus der Erdkruste.

Die ganze Verteilung der alpinen Gebirge der Erde geht nach Staub im Grundprinzip zurück auf das Gegeneinanderrücken der beiden großen irdischen Grundkontinente, der starren Massen Laurasia und Gondwana, und deren seitliche Einspannung am Widerstand des festhaftenden Pazifik, wodurch die dazwischenliegenden marinen Tiefenräume, die Geosynklinalen, zu Gebirgen zusammengeschoben werden (Fig. 1). Die so entstandenen alpinen Ketten der Erde bilden ein absolut einheitliches System; es gibt keine andinen und mediterranen, keine ostasiatischen und australischen Sonderkomplexe, sondern alle alpinen Züge der Erde bilden in zeitlicher und räumlicher Beziehung eine einzige große Einheit. Das ist das „alpine System der Erde". Dessen zentrales Segment bilden die „mediterranen Ketten" zwischen Antillen und Bandasee, im Norden begleitet von Laurasia, im Süden von Gondwana, die frontal bis zum Zusammenstoß aufeinander zurücken. An den beiden Flanken der großen Kontinentalblöcke öffnen sich die mediterranen Ketten vor dem Pazifischen Ozean in ihre Einzeläste, den nord- und den südamerikanischen und andererseits den ostasiatischen nebst neuseeländischen.

Da erheben sich sogleich Bedenken. Im Gegensatz zu den äquatorialen entständen also die meri-

dionalen Ketten im Westen und Osten Laurasiens und Gondwanas durch deren Entlanggleiten am Pazifischen Block. Abgesehen davon, daß so gänzlich verschiedene Bewegungs- und Entstehungsarten so gleichartige Kettengebirge wie einerseits eurasiatische, andererseits amerikanische Alpen kaum erzeugen könnten, müßte doch die Bildung der meridionalen Ketten ständig vor sich gehen, die der äquatorialen im wesentlichen aber nur beim frontalen Zusammenprall Laurasiens und Gondwanas. Diese unumgängliche Folgerung ist aber geologisch gar nicht zu stützen.

Seit den ältesten Erdzeiten bis heute sind bei STAUB die Bewegungen räumlich immer gleich gesetzmäßig abgelaufen. Auch in den Schildmassen selbst erzeugen sie Verlagerungen, Deformationen, selten Faltung, meist Spaltenbildung, Grabensysteme und Vulkanzonen. Sie alle sind „alpine Contrecoups", zum Teil in Spuren älterer Vorläufer. In Gondwana entsteht so die Trennung von Südamerika—Afrika—Indien—Australien.

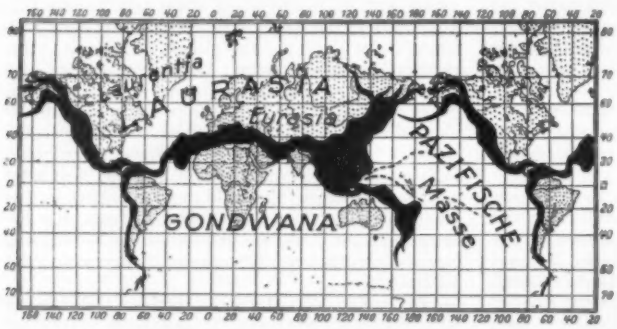

Fig. 1. *Das alpine System der Erde* (nach R. STAUB 1927). Die Kettengebirge sind zwischen der unbeweglichen pazif. Masse und den beweglichen Großkontinenten Laurasia und Gondwana zusammengequetscht.

Zentrifugale Kräfte und subkrustale Gegenströmungen sind es, die die großen Landmassen in wechselndem Spiel aufeinander zu und voneinander weg treiben und wieder aufeinander zu, und aus den Dehnungsräumen, den Geosynklinalen, Kettengebirge auftürmen. Polflucht und Poltrift der Massen regieren ewig bis zur völligen Erstarrung den Mechanismus der Gebirgsbildung. Immer ist die unbewegliche Masse des Pazifik Weg weisend. Nur in untergeordnetem Maße unterliegen die mobilen Krustenteile, also alles außer Pazifik, auch einer Westtrift. Somit erklärt sich schließlich der ganze Krustenbau in der Rotation der um die Sonne kreisenden Erde.

Verfolgen wir die Leitlinien des Einheitssystems der alpinen Gebirge. Sie beginnen zweispurig am westlichen Tor des Mittelmeeres in Betischer Kordillere und in Atlas und schlingen sich ums Tyrrhenische Meer nach Norden zur Scharung der Westalpen, wo Südspur und Nordspur, südspanischer und nordalgerischer bzw. alpiner und dinarider Ast zu einer Einheit verschweißt sind unter Beibehaltung der allgemeinen Grundtendenz, so daß am Nordrand Bewegung nach Eurasien, am Südrand nach Afrika-Indien, also zweiseitiges Ausweichen der orogenen Massen, vorherrscht. Von den Ostalpen an spaltet sich das Gleis wieder auf zu den ost- bzw. nordwärts bewegten Karpathen-, Balkan- und pontischen Ketten. Die Südspur gleitet über Westbalkan, Griechenland und Tauriden nach Südpersien. Die den Kettengebirgszügen im Norden vorgelagerten Gebiete West-, Mittel- und Osteuropa sind Vorland, Afrika und Arabien Rückland. Beide Länder bergen Nebenketten, im Norden z. B. Pyrenäen, Schweizer Jura, Dobrudscha, Krim-Kaukasus. Durch ältere versteifte Zwischengebirge verschiedener Rangordnung wird das ganze Gebirgsgewebe zentral, frontal und dorsal dirigiert und in toto verursacht durch die von den Polen zentrifugal beitriftenden großen nördlichen und südlichen Festlandsmassen. Weit nach Europa hinein ist Afrika vorgestoßen, die mitteleuropäische Alpenschlinge erzeugend. „Der Nordmarsch Afrikas stößt Europa selbst nach Norden." Eine Kippbewegung Eurasiens, Drehung nach Südosten, soll dadurch unterstützt werden, so daß dieses seinerseits tief nach Hinterindien hinunterdrückt.

Die alpiden Bögen scharen sich nochmals im Pamir, im „Dach der Welt", und fließen dann nach Osten und Südosten auseinander. „Der Zusammenstoß der Kontinente hat hier sein Maximum erreicht." Der eigentliche alpine Ast schlägt von Mitteltibet einen weiten Bogen über Birma, die Java- und Bandasee und wendet sich über die Philippinen und Japan nach Norden, um in der Arktis ins Leere auszugehen. Der südliche, dinaride Ast, schlingt sich aus Himalaja-Birma-Sundaarchipel um Neuseeland und Ostaustralien. „Mit gigantischer Gebärde sprengt der Pazifik die Gebirge der Erde."

Gleiches spielt sich am Ostufer des Pazifik ab. Die nord- und südwestamerikanischen Ketten schließen sich nicht mehr durch den Antillenbogen zu einer Einheit zusammen, sie werden zu „Ausläufern des großen mediterranen Zentralsystems"; es findet also ebenfalls eine Aufspaltung, eine „Kettensprengung" statt in Nordgleis und Südgleis, wie in Ostasien. Von dort über das Mittelmeer nach dem Karaibischen Meer windet sich also der äquatoriale alpine Kettengebirgsgürtel. Im Atlantischen Ozean soll er versunken sein. R. STAUB rekonstruiert ihn wieder nach der Tiefenkarte von GROLL, aber die eben noch heranreichende neue Darstellung der Echolotungen des Vermessungsschiffes „Meteor" bietet nichts mehr von diesen Möglichkeiten. Auch die Geologie der

mittelamerikanischen Festländer und Inseln spricht wenig für STAUBS Zusammenfassung. Die westamerikanischen und ostasiatisch-australischen Ketten laufen frei in die nördlichen und südlichen Ozeane aus. Warum sollten es nicht auch die westmediterranen Züge tun können, zumal Ähnliches vom Tsinglinschan am Gelben Meer vorliegt? Der Gegenbeweis ist nicht erbracht.

Auch andere Verbindungen STAUBS erscheinen zu sehr theoretisch nach kleinmaßstäblichen morphologischen Übersichtskarten konstruiert. Pyrenäen-, Sevennen, Schweizer Jura, Kimmerisches Gebirge—Dobrudscha, Krim, Kaukasus sind nicht Vergleichbares oder gar Einheit, sondern paläogeographisch und geotektonisch unter gänzlich verschiedenen Vorbedingungen entstanden, und wenn gar von ihnen aus Verknüpfung mit tienschanschen „Vorlandketten" gesucht wird, so wären tertiäre und paläozoische Kettengebirge, also nicht nur räumlich, sondern vor allem zeitlich weit voneinander getrennte Elemente, zur Einheit verbunden. Noch heterogenere Stücke sind verknüpft; wenn wir lesen: „So scharen sich die Ketten Sibiriens, des Altai und des Sajan am Ochotischen Meer mit den Ketten Europas". Ferner erweisen die neuen in der russischen Literatur niedergelegten Ergebnisse der mittelasiatischen Geologie gar nichts, was für ein Vorstoßen des ostasiatischen Komplexes nach dem Chinesischen Meer hinunter zeugen könnte. Im Gegenteil, junge, westwärts gerichtete Überfaltungen sind bis ins Herz Asiens gefunden. Wohl mag sich der altsibirische Komplex nach Süden bewegt haben, er ist aber schon in Mittelasien von alpinen Nord- und Westbewegungen überdeckt. Alles zwischen Gelbem Meer bzw. Südkorea und Baikal als alpines Vorland, also nur in „Contrecoups" bewegt, aufzufassen, widerspricht der erdgeschichtlichen Entwicklung. TETJAFF und SCHOENMANN beschreiben in Transbaikalien Mesozoicum ‚zum Teil marin, in NO-SW-Falten gelegt und in mittel- und jungalpider, also tertiärer Faltung nach NW überkippt, dabei Intrusionen junger Granite. Der Baikalsee könnte so als Saumtiefe aufgefaßt werden. Das ganze alte Angaraland ist östlich der Lena von jungalpiden Zügen eingerahmt. Ähnlich ergibt die soeben erschienene „Geology of Mongolia" der amerikanischen Zentralasiatic Expeditions, daß die Mongolei[1] nördlich und östlich von mesozoischen und jüngeren Meeresräumen umspült war, daß etwa vom 120. Längengrad an und in Südchina etwa von 100 Grad an östlich eine meridional gestreckte Geosynklinale bestand, die west- und ostwärts herausgequetscht ist und so die osttibetanische Kettenabbiegung nach Süden wie überhaupt eine nordsüdliche Gebirgseinstellung Ostasiens veranlaßt. Und wie steht es im O um die — wenn auch mäßige — doch für alle Teile außer Pazifik gleich wirksame Westtrift? Effektiv zeichnet STAUBS Karte (Fig. 2) dort eine Osttrift, ein Ausweichen in einen leeren Raum, das nötig ist, weil sonst Risse Bild und Theorie zerstörten. Überall aber ist zu betonen: nicht ein mechanisches oder morphologisches, weniger ein Bewegungs-, vielmehr ein Lageproblem ist der Verlauf der Gebirge, der Ausdruck für die alte Erstreckung geosynklinaler Zonen, an deren Verlauf als ihrer Geburtsstätte die Gebirge gebunden sind.

Die Entstehung solcher Geosynklinalen ist ein nach wie vor umstrittenes Problem. Subkrustale Strömungen scheinen unumgänglich zu sein, um die Tiefenbildung zu begreifen. STAUB benutzt diese subkrustalen Strömungen, um durch sie die laurasischen und gondwanischen Kontinentalmassen immer wieder nach den Polen zurücktreiben zu lassen, nachdem sie eben im äquatorialen Zusammenprall die Einheit der kaledonischen, herzynischen oder alpinen Gebirge getürmt haben. Diese polwärtige Rücktrift erzeugt in den Gebirgsregionen Zerrungen, nach STAUB gleichbedeutend mit Wiedergeburt der Geosynklinale. Polflucht und Poltrift sollen in regelmäßigem Wechselspiel stehen durch die ganze Erdgeschichte. Die Endstadien dieser Bewegungen ergeben bei den Pollagen tiefste Geosynklinalen und bei den Äquatorlagen tektonischen Paroxysmus. Das STAUBsche Diagramm zeigt rhythmischen Hin- und Herverlauf zwischen Nord und Süd. Gestützt wird es mit Erwägungen, daß die carbonen Kohlen nur im tropischen Gebiet hätten entstehen können und daß der mitteleuropäische Buntsandstein in der heutigen Saharalage gebildet sein müsse, beides Auffassungen, die mehr als bestritten sind, denn die Floren der Kohlenbecken sind gemischt kühl und warm, die kühlen Formen von Spitzbergen bis Südafrika weltweit verbreitet, und die altmesozoischen Red beds gibt es auch in Nordamerika.

Die carbonen Kohlen sollen aber entstanden sein, als Europa mit Afrika, zu dem es ursprünglich gehörte, nach im Devon abgeschlossener Poltrift wieder unter dem Gesetz der Polflucht über den Äquator nach Norden schwamm. Dann hätte sich die variskische Gebirgsfaltung abgespielt, und wiederum wäre Afrika nach Süden zurückgetrieben, der permischen Vereisung entgegen und bei der erneut beginnenden Polflucht den tropischen Buntsandstein bildend. Die Zeitspannen von variskischer Orogenese bis einschließlich permische Vereisung wären nach dem STAUBschen Diagramm ebenso lang wie die ganze Zeit von der Trias bis zum tertiären alpinen Paroxysmus, und von diesem an, der bekanntlich noch im Pliocän lebendig war, bis zur quartären Vereisung läge wieder eine gleiche Zeitspanne. Aber auf ganz andere Rhythmen bzw. Intervalle zwingt die Entwicklung der Tier- und Pflanzenwelt zu schließen. Kann die quartäre Vereisung überhaupt durch polnahe Lage erklärt werden? Ist sie nicht vielmehr ein kosmopolitisches Ereignis, die ganze Erde gleichzeitig in Kratogenen und Orogenen betreffend? Liegen

[1] Die Zentralmongolei selbst birgt über Grundgebirge marines, stark gefaltetes Jungpalaeozoicum, darüber gewellten kontinentalen Jura mit Effusiven. Kreide und Jüngeres als bunte und graue Sande sind fast ungestört.

nicht Kare, Gletscher usw. heute in klimatisch relativ gleicher Exposition wie im Diluvium? Und wie ist es denn mit der erdgeschichtlichen Fauna und Flora? Sind „kalte" und „warme" Tiere und Pflanzen etwa in Driftzonen angeordnet? Hat die nach STAUB kalte poltriftige Devonzeit nicht in Laurasien Korallenriffe und andere warme biologische Erscheinungen gezeitigt? Der Old Red Nordeuropas ist doch auch ein Buntsandstein. Sind im Meer nicht Strömungen für Faunenverteilung entscheidender als die Breitenlage? Und wenn Mitteleuropa im Palaeozoicum und wieder im Mesozoicum ein Stück Afrikas war, wie steht es mit England und Skandinavien, zu denen engste faunistische und petrographische Beziehungen bestehen? Wo wäre die Narbe zu suchen.

Wenn das polwärtige Rückdriften der Großkontinente beim Abschluß der Faltungsparoxysmen

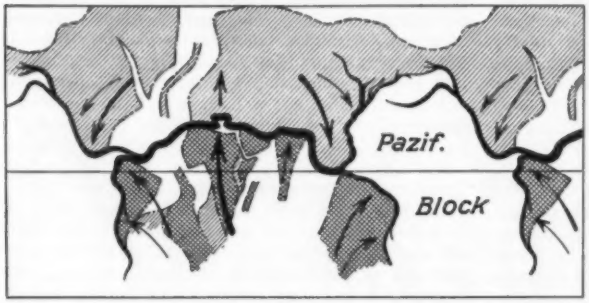

Fig. 2. *Die Pol fliehende (zentrifugale) Bewegung der Kontinentalschollen faltet die Kettengebirge auf.* (Einfach schraffiert die Teilschollen Laurasiens, doppelt schraffiert die Teilschollen Gondwanas. Strich-Punktlinien die großen Bruchsysteme.) Nach R. STAUB 1927.

einsetzen soll, dann ist doch nicht zu vergessen, daß die alpinen Faltungen sich flach bzw. nach der Tiefe abgespielt haben müssen; die Erhebung zu den Hochgebirgen setzt erst *nachträglich* ein und diese Erscheinung spricht doch viel mehr für *Zu*wandern von subkrustalem Material nach der Faltung als von Abwandern. Könnte das aus den schmalen Faltungsräumen ausfließende Magma mengenmäßig ausreichen, die Riesenkontinente zurückzuflößen, wird von anderer Seite mit Recht eingeworfen, und zwar entgegen der dauernd wirkenden Polflucht? Die bisherigen Ergebnisse der Paläogeographie, Verlauf von Transgressionen und Regressionen, Faunenverwandtschaften usw. stellen es durchaus noch nicht frei, „ein Auseinandertreten der beiden Grundkontinente der Erde im Gefolge der herzynischen Orogenese, eine Abdrift derselben gegen die Pole im Anschluß an den herzynischen Zusammenschub geradezu als feststehende Tatsache hinzunehmen, über die heute gar nicht mehr hinwegzukommen ist." STAUB sagt selbst wenige Zeilen vor diesen: „Beträchtlich wäre allerdings eine solche Abdrift der Kontinente vom Äquator gegen die Pole hin zwar immer noch, aber doch nicht mehr geradezu phantastisch."

Schließlich der letzte Programmpunkt: Die Entstehung des Pazifik, der sich absolut passiv verhält, von Gebirgszügen „umflossen" wird wie ein Hindernis. Sein Untergrund ist dichter, schwerer; seine Inkompressibilität ist doppelt so groß als die der Kontinente, wie die Seismogramme lehren. Zweifellos reicht die Zone des subkrustalen basischen Magmas, die Eclogitschale GOLDSCHMIDTS, dort höher herauf als sonst in der Erde. DARWIN und PICKERING meinten, daß hier die alte Wunde läge, aus welcher der Mond sich von der Erde abgetrennt und dabei dem Magma Raum nach außen gegeben habe, das als „pazifischer Panzer" erstarrend in das „Loch" nachdrang. STAUB schließt sich ohne kritische Diskussion dieser Meinung an. Wie ist es aber, wenn die Erde noch heute, wofür zahlreiche Geophysiker eintreten, ein dreiachsiges Ellipsoid darstellt, dessen Längsachse im Pazifischen Ozean ausgeht? Oder wie stellt sich die durchaus noch lebenskräftige Tetraederhypothese zu dieser Pazifik-Entstehung?

Kritisches Abwägen ist offensichtlich nicht die Absicht des STAUBschen Buches, es ist — Vision, möchte man fast sagen, sich selbst steigernd an der grandiosen Einheit des erschauten irdischen Mechanismus. Mit dem geologischen Kleinbilde verfährt es beinahe spielerisch, z. B. liest man: „So gestaltet sich der Vergleich zwischen West- und Osteuropa immer mehr zu einem überaus lehrreichen und kurzweiligen Bilde." Oder es werden, wie in den Fig. 22 und 23 des Buches, in gänzlich verschiedenen Maßstäben und gegeneinander verdrehten Himmelsrichtungen Alpen-Karpathenbogen und Neuguinea- und Himalajasystem nebeneinandergestellt, um so Gleichheiten zu beweisen. Oder bezüglich des Großbildes hören wir: „Eine Reihe anderer Forscher stellt dies entschieden in Abrede" (daß die zentrifugalen Kräfte der Erdrotation zur Entfesselung und andauernden Unterhaltung einer kräftigen Polflucht völlig genügen). „Nicht so der Geologe. Für ihn *besteht* die Polflucht ganz allgemein als Tatsache und über die rein akademische Diskussion, ob die der Rotation entspringenden Kräftegruppen zu einer Verschiebung der Kontinente von den Polen zum Äquator wirklich genügen oder nicht, darf man im Grunde genommen schon heute hinweggehen." Auch folgendes macht stutzig. Die „grandiose Symmetrie des europäischen Gesamtorogens" ist zur Symmetrie der ganzen Weltkarte erhoben. Die Spiegelfläche verläuft meridional durch die Schweizer Alpen, durch das Spezialarbeitsgebiet STAUBS. Das sind egozentrische Perspektiven allergrößten Stils.

Lassen wir alle diese Einwände: Das Ganze ist ein imponierender Wurf. Er schneidet die nach und nach langwierige Erörterung der WEGENER-

schen Hypothese bündig ab und stellt dagegen eine einheitliche weltumspannende Konstruktion mit der modernsten Anschauung, der Mobilität der Kontinente, an der grundsätzlich nicht zu zweifeln ist. Jedoch Anordnung, Form, Ausmaß und Kräfteverhältnis der Bewegungen sind noch Rätsel. Eine eben erst aufkeimende Theorie kann in ihrem ersten Stadium unmöglich sogleich Universallösung sein. Das STAUBsche Buch ist *eine mutige Tat, die unsere Erörterungen nicht schmälern wollen*. Sie sollen nur anbahnen helfen zum Weiterbau, Umbau; mit der Zeit wird ein Neubau entstehen, denn Fortschritt hat das Buch mächtig angeregt. Dieser darf aber nicht dahin gehen, daß sich unfachliche Kreise der Ideen bemächtigen, sie als Tatsachen gar volkstümlich machen, wie es mit allen großen Neuheiten zum Schaden der Gebenden und Nehmenden geschieht. Videant consules!

Grandios einfach sind diese Leitlinien des Erdgebäudes. Ein Ausdruck sind sie vor allem der geistigen Struktur unseres Zeitalters: mechanistische Vereinfachung und monumentale Linien, Rationalisierung in allem. In der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften muß man den Ablauf der menschlichen Geisteswandlungen wiedererkennen.

VI. Kongreß der Assoziation der russischen Physiker.

Von M. BORN, Göttingen[1].

Der russische Physikerverband wurde im Jahre 1919 gegründet. Er umfaßt zahlreiche physikalische Institute, Gesellschaften und einzelne Gelehrte. Die Aufgabe der Assoziation besteht neben der Veranstaltung der periodischen Tagungen in der Unterstützung und Organisation physikalischer Arbeiten und Unternehmungen in Rußland, so z. B. die Versorgung der Laboratorien in der Provinz mit Instrumenten, die Herausgabe wissenschaftlicher Abhandlungen u. dgl. Während an den früheren Kongressen des Verbandes nur einzelne ausländische Fachgenossen teilgenommen haben, erging diesmal die Einladung an eine große Zahl von Physikern aller Länder, und das Programm der Tagung war so eigenartig und verlockend, daß viele die Einladung annahmen. Der Kongreß sollte nämlich nach der Haupttagung in Moskau auf einen Wolgadampfer überführt werden und die Universitätsstädte an dem Strome besuchen. Die ausländischen Mitglieder, etwa 20 an der Zahl (ohne die Damen), machten ungefähr 5% der gesamten Zahl der Teilnehmer an der Tagung aus. Vertreten waren Frankreich, England, Vereinigte Staaten, Holland, Polen, Tschecho-Slowakei und Deutschland, letzteres mit der bei weitem stärksten Delegation.

Die Tagung wurde am 4. August abends mit einem Bankett im Moskauer Gelehrten-Hause vom Präsidenten des Verbandes Prof. A. JOFFE eröffnet. Auf seine und des Vizepräsidenten LASAREFFS Begrüßung der ausländischen Gäste antwortete zuerst als ältester der Fremden Prof. K. SCHEEL, Berlin; dann sprachen noch L. BRILLOUIN, Paris, C. G. DARWIN, England, S. PIŃKOWSKI, Polen, ein Vertreter der russischen Studenten und andere.

Die Arbeiten der Tagung in Moskau bestanden in den gemeinschaftlichen Sitzungen (vormittags) und den Sektionssitzungen (nachmittags). Es gab folgende Sektionen: 1. Molekularphysik, 2. Optik, 3. Elektro-Magnetismus, 4. Theoretische Physik, 5. Physikalische Chemie, 6. Röntgenstrahlen, 7. Akustik, 8. Biophysik, 9. Geophysik, 10. Technische Physik. Die Gesamtzahl der Vorträge betrug etwa 160, wovon die meisten experimentellen Inhalts. Diese große Zahl macht es ganz unmöglich, eine einigermaßen vollständige Übersicht über die behandelten Gegenstände zu geben; nur die wichtigsten, größeren Vorträge können hier erwähnt werden.

Die erste gemeinschaftliche Sitzung wurde hauptsächlich der Wellenmechanik gewidmet. Es sprachen: A. JOFFE, Leningrad, über die ausgeführten und möglichen Experimente zum Nachweis der Materiewellen; D. IWANENKO und L. LANDAU, Leningrad, über den Begriff der Kausalität in der Physik im Zusammenhang mit der Wellenmechanik; J. FRENKEL, Leningrad, über die Wellentheorie der Materie. Ferner sprach in dieser Sitzung Prof. CZ. BIALOBRZESKI, Warschau, über die thermodynamischen Schwankungen und ihre Rolle in der Theorie der Strahlung der Sterne.

Den Mittelpunkt der zweiten gemeinschaftlichen Sitzung bildeten die Vorträge von R. LADENBURG, Berlin, über den experimentellen Nachweis der negativen Dispersion; von G. LANDSBERG und L. MANDELSTAM, Moskau, über eine neue Erscheinung bei der Zerstreuung des Lichtes in Quarz- und Kalkspat-Krystallen, und von P. PRINGSHEIM, Berlin, über den Ramaneffekt und die ultraroten Banden. Bei diesen Vorträgen handelt es sich um den experimentellen Nachweis von Erscheinungen, die von der Quantenmechanik vorhergesagt worden waren, deren Existenz also als Stütze dieser Theorie angesehen werden muß. Die von LANDSBERG und MANDELSTAM entdeckte Erscheinung an Krystallen ist in ihrem Mechanismus identisch mit dem von RAMAN und seinem Mitarbeiter KRISHNAN an Flüssigkeiten beobachteten Effekt; ein vorzügliches Referat von P. PRINGSHEIM über diesen Ramaneffekt findet sich in Nr. 31 dieser Zeitschrift. Die russische Physik ist mit Recht stolz, daß diese wichtige Entdeckung von russischen Forschern in Moskau unabhängig von den Arbeiten der Inder und nahezu gleichzeitig (am 20. Februar dieses Jahres) gemacht worden ist. Dies Zusammentreffen ist wieder ein Beweis für den internationalen Charakter unserer Wissenschaft, die jetzt die ganze Welt umspannt. In derselben Sitzung sprachen noch Prof. PIŃKOWSKI, Warschau, über die Abklingung der Fluorescenz in Hg-Dampf, und Prof. KRAVEZ, Leningrad, über eine nachgelassene Arbeit des unlängst verstorbenen Moskauer Physikers W. A. MICHELSON, „Über die Reibung des Lichtes".

Das Thema der dritten gemeinschaftlichen Sitzung war: Die kurzen und kürzesten elektrischen Wellen. Die Proff. ROMANOFF, POTAPENKO, Moskau, ROSCHANSKY, Leningrad u. a. berichteten über die verschiedenen Methoden ihrer Herstellung und über ihre Eigenschaften. Die hierzu gebrauchten Apparate konnten die Teilnehmer der Tagung im physikalischen Institut der Universität Moskau besichtigen.

In der letzten großen Sitzung (am 8. August) sprach Prof. LASAREFF, Moskau, über seine physikalisch-

[1] Bei der Abfassung dieses Berichtes ist der Verfasser in liebenswürdigster Weise von den russischen Kollegen LASAREFF, JOFFE und WAWILOFF unterstützt worden.

chemische Theorie des Reizvorganges bei der Lichtempfindung, insbesondere über die Abhängigkeit der Adaptionsfähigkeit von den äußeren Umständen (Tageszeit, Alter usw.). Prof. DEBYE, Leipzig, gab einen überaus klaren, kurzen Bericht über die Leitfähigkeit der starken Elektrolyte. Prof. N. SEMENOFF, Leningrad, sprach über die Theorie der explosiven Gasreaktionen.

Bei der Vielsprachigkeit der Zuhörerschaft erwarb sich der Präsident der Tagung, Prof. JOFFE, ein großes Verdienst durch seine bewundernswerte Fähigkeit, den Inhalt einer Ansprache oder eines Vortrages vollständig oder gekürzt in jeder beliebigen Sprache wiederzugeben. Gewöhnlich übersetzte er russische Reden ins Deutsche, englische ins Russische. Von Französisch und Deutsch wurde stillschweigend angenommen, daß sie jedem Teilnehmer verständlich sein. Allmählich entwickelte sich das Deutsche zum allgemeinen Verständigungsmittel bei Diskussionen.

Von den Sektionsvorträgen, die oft von wertvollen Arbeiten berichteten, kann hier ihrer großen Zahl wegen nichts mitgeteilt werden. In der Sektion für theoretische Physik, die der Verf. dieses Artikels besuchte, spielte natürlich die Quanten- und Wellenmechanik eine große Rolle, vor allem das Diracsche Elektron, dessen Urheber selbst anwesend war; ferner optische Probleme, wie die Theorie des natürlichen Drehungsvermögens (BURSIAN). Als Besonderheit der Moskauer Tagung sei die große Zahl von Vorträgen aus dem Gebiete der Biophysik hervorgehoben, insbesondere auch über Anwendungen auf landwirtschaftliche Probleme. Diese Arbeiten und die aus den Gebieten der Geophysik und technischen Physik sind bei dem heutigen Zustande Rußlands von ganz besonderer Bedeutung für die praktische Geltung der physikalischen Wissenschaften; sie liefern gegenüber dem Staate die „raison d'être" der reinen, abstrakten Forschung.

In der Schlußsitzung des Moskauer Teils der Tagung (9. August) fand die Wahl des Präsidiums der Assoziation statt (Präsident: A. JOFFE, Vize-Präsidenten P. LASAREFF und W. ROMANOFF). Außerdem wurden einige Resolutionen angenommen über die Veröffentlichung von Referaten russisch gedruckter Arbeiten in ausländischen Sprachen, über die Notwendigkeit der Gründung von physikalischen Forschungsinstituten in Charkow (Laboratorium für niedere Temperaturen) und in Tomsk u. a. Diese Neugründungen wurden besonders von dem Gesichtspunkt der Dezentralisation der Forschung und des Unterrichts befürwortet; hatte doch die Revolution bisher die Tendenz gehabt, alle großen Institute in den Hauptstädten zu vereinigen, wodurch eine gefährliche Entblößung der Provinz von höheren Unterrichtsanstalten und eine Schädigung des Nachwuchses zu befürchten waren.

Am Abend des 9. August fuhren die Teilnehmer des Kongresses, mehr als 150 an der Zahl, nach Nischni-Nowgorod, um sich dort am nächsten Morgen auf dem Wolgadampfer Alexei Rykow einzuschiffen. Auf diesem Dampfer spielte sich nun die zweite, reizvolle Hälfte des Kongresses ab. In der Universität von Nischni-Nowgorod wurde eine große Sitzung abgehalten, in der der amerikanische Physiko-Chemiker GILBERT LEWIS über die statistischen Grundlagen der Thermodynamik sprach, dann Prof. PH. FRANK, Prag, über die Begriffe und Sätze der klassischen Mechanik, die in der Quantenmechanik von Bedeutung sind. Am Nachmittag war Zeit zur Besichtigung der alten Stadt, die schön am hohen rechten Ufer beim Zusammenfluß von Oka und Wolga liegt. Abends fuhr der Dampfer mit den Kongreßteilnehmern ab und brachte sie am Nachmittag des 11. August nach Kasan. Die genußreiche Fahrt wurde nicht nur zur Erholung und zum geselligen Beisammensein verwendet, sondern auch zu gemeinsamer Arbeit, durch Vorträge und Diskussionen. Prof. FRENKEL, Leningrad, gab in russischer Sprache in einer Reihe von Vorträgen eine Übersicht über den Stand der Wellenmechanik, hauptsächlich für die zahlreich anwesenden jungen Studenten und Studentinnen. Von den Ausländern sprachen während der Dampferfahrt: Prof. DEBYE, Leipzig, über seine Untersuchungen der Dielektrika; v. MISES, Berlin, über die Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung; DIRAC, Cambridge, über die Quantenmechanik des Elektrons. Außerdem fanden verschiedene Diskussionen statt, so auf Grund eines Referates von JOFFE, Leningrad, über die experimentelle Begründung der Wellenmechanik, ferner im Anschluß an ein kurzes Referat von LEWIS, Vereinigte Staaten, über die heutige Theorie der chemischen Kräfte. Bei der wellenmechanischen Diskussion konnte POHL, Göttingen, über die neuesten Beugungsversuche mit Metallgittern an Elektronenstrahlen durch Vorlegen der Originalaufnahmen von RUPP berichten, und JOFFE erzählte von zahlreichen ausgeführten und geplanten Experimenten, über die er hauptsächlich die Meinung der Theoretiker hören wollte. Bei der chemischen Diskussion verteidigte LEWIS den Standpunkt, nur solche Bindungen als „chemisch" anzuerkennen, die durch ein Paar von Elektronen vermittelt werden; damit würden alle sog. heteropolaren Substanzen (wie z. B. NaCl) keine chemischen Verbindungen sein. Dem gegenüber wurde von DEBYE und dem Verf. dieses Berichtes der neue Standpunkt der Quantenmechanik nach HEITLER und LONDON vertreten, der zu einer einheitlichen Auffassung aller Bindungsarten und ihrer Einteilung auf Grund quantitativer Unterschiede von bestimmt angegebenen Größen führt.

Der Besuch von Kasan war ein Höhepunkt der Tagung. Die alte Tatarenstadt, jetzt wieder Hauptstadt der tatarischen Sowjetrepublik, liegt schön auf Hügeln etwa 7 km von der Wolga, die früher, zur Zeit der Eroberung durch die Russen, noch unter ihren Mauern floß, sich aber seitdem, wohl infolge der Erddrehung, verlagert hat. Die Stadt enthält schöne, alte Baudenkmäler aus der tatarischen Zeit und eindrucksvolle russische Bauwerke, Kirchen und Paläste. Die wissenschaftliche Sitzung fand vor einem riesigen Publikum in der Universität statt. An ihr nahmen auch die höchsten Beamten der Tataren-Republik teil und begrüßten die Versammlung. Dann erteilte der Leiter des physikalischen Laboratoriums von Kasan, Prof. ULJANIN, das Wort an Prof. JOFFE, Leningrad, der über seine berühmten Arbeiten zur Aufhellung der Eigenschaften der Dielektrika, insbesondere ihre elektrische Durchschlagsfestigkeit, sprach. Da hierüber in dieser Zeitschrift kürzlich (16., H. 23, 460) von P. JORDAN Bericht erstattet worden ist, erübrigt sich ein Eingehen auf den Inhalt des Vortrages, der übrigens in russischer Sprache gehalten wurde und daher dem Referenten unverständlich war. Es folgte ein Vortrag von Prof. POHL, Göttingen, über neue experimentelle Methoden bei der lichtelektrischen Untersuchung von Krystallen. Am folgenden Tage wurde die Stadt besichtigt. Im Hause für tatarische Kultur fand ein Konzert tatarischer Musik statt, die in jüngster Zeit durch begabte Komponisten aus einer alten Volkskunst entwickelt worden ist. Am Abend vereinigte alle Teilnehmer ein von der tatarischen Regierung gegebenes Bankett, das Dank der üppigen Bewirtung und der überwältigenden Liebenswürdigkeit der Gastgeber einen glänzenden Verlauf nahm.

Die Weiterfahrt wolgaabwärts wurde noch mehrmals durch kurze Aufenthalte an landschaftlich oder ethnologisch interessanten Stellen unterbrochen. Am 15. August traf der Dampfer in Saratow ein, wo die Schlußsitzung stattfand. Dort sprach der Verf. dieses Berichts über die statistische Deutung der Quantenmechanik, dann VAN ARKEL, Eindhoven, über seine Untersuchungen an Krystallen, endlich PH. FRANK, Prag, über die Frage der Anschaulichkeit in der Quantenmechanik, und zwar dieser in russischer Sprache.

Leider wurde Ref. durch eine Erkrankung verhindert, am Besuch der deutschen Wolga-Republik und an der Exkursion nach dem Kaukasus teilzunehmen, die bis Tiflis führen sollte.

Im ganzen haben die Teilnehmer der Tagung einen großen Eindruck erhalten von der kräftigen Entwicklung der russischen Physik, von der Energie und der reichen Begabung der russischen Forscher, an deren Spitze der unvergleichliche JOFFE steht, und nicht zum wenigsten von der hochherzigen Freundschaft und der Gastlichkeit, die uns Fremden entgegengebracht wurde.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Joffés Untersuchungen über die elektrische Durchschlagsfestigkeit.

Unter der gleichen Überschrift hat P. JORDAN kürzlich in diesen Blättern über JOFFÉS Untersuchungen zur *mechanischen und elektrischen Festigkeit von Krystallen* Bericht erstattet[1], im wesentlichen gleich JOFFÉS anderweitig veröffentlichten Zusammenfassungen[2]. Wir möchten uns der Bewunderung für JOFFÉS *Entdeckung der hohen Durchschlagsfestigkeit dünnster Isolatorschichten* als reiner *Tatsachenfeststellung* vorbehaltlos anschließen — einer Feststellung, welche von weittragender technischer Bedeutung zu werden verspricht. Die von JOFFÉ gegebene und von JORDAN unverändert berichtete *physikalische Deutung* der unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen hohen mechanischen und elektrischen Festigkeiten erscheint uns dagegen nicht nur *einer ausreichenden experimentellen wie theoretischen Begründung zu entbehren*, sondern geradezu *in wesentlichen Punkten durch neuere Ergebnisse widerlegt* zu werden. Nachdem auch eine seither erschienene buchmäßige Darstellung[3] die Gefahr heraufbeschwört, daß jene unzulänglichen Deutungen von weiteren Kreisen kritiklos übernommen werden könnten, wollen wir ihre hauptsächlichsten Schwierigkeiten hier kurz zusammenstellen.

Der größenordnungsmäßige Unterschied zwischen der geringen „technischen" und der hohen idealgittertheoretischen „molekularen" Zerreißfestigkeit der Krystalle[4] soll nach JOFFÉ auf eine triviale, in der Krystall*oberfläche* lokalisierte Ursache zurückzuführen sein. Um die vermutete Kerbwirkung *oberflächlicher Spalten* der Krystalle auszuschalten, hat JOFFÉ die Oberfläche von Steinsalzkrystallen durch Ablösung in Wasser zu glätten und dauernd zu erneuern gesucht und bei gleichzeitiger Zugbeanspruchung bis zu 1oomal übernormale, nahezu „molekulare" Zerreißfestigkeiten aufgefunden[5]. Schon EWALD und POLANYI haben Gründe dafür beigebracht, daß es sich hierbei nur um eine von besonders hoher *Verfestigung* begleitete *plastische Verformung des Krystalls* handeln könnte[6]. Würde bei den erwähnten Versuchen tatsächlich die hohe Idealgitterfestigkeit wirksam sein, *dann dürften im Inneren des Krystalls jedenfalls keinerlei Veränderungen vor sich gehen*. JOFFÉ hat eine dahingehende Untersuchung nicht veröffentlicht. Sie ist aber ausführbar, entweder durch Verfärbung des im Wasser gedehnten Krystalles mittels Röntgenbestrahlung oder durch Leitfähigkeitsmessungen. Von der Röntgenfärbung des Steinsalzes wurde nachgewiesen[1], daß sie als trefflicher Indikator für die Plastizierung sowohl trocken als in Wasser gedehnten Salzes benutzt werden kann. Man findet nun, daß Steinsalz in Wasser bei Beanspruchung oberhalb der trocken ermittelten Zerreißfestigkeit *die Plastizierungsfärbung zeigt*. Damit ist der *Nachweis für innere Veränderungen* im Krystall erbracht, so daß JOFFÉS hohe Zerreißfestigkeiten tatsächlich *nichts anderes als Verfestigungseffekte* darstellen. Weiters ist von Versuchen an Kalialaun-Lösungskörpern her bekannt, daß Wasser auch schon in das Innere unbeanspruchter Kristalle eindringen kann, da es daselbst gelegentlich sichtbare Veränderungen herbeiführt[2]. Eigene Beobachtungen und Leitfähigkeitsmessungen an bewässert gewesenen Steinsalzkrystallen scheinen dies zu bestätigen.

Ein zweites von JOFFÉ ausgeführtes Experiment ist ebensowenig beweiskräftig. Durch plötzliche Erwärmung von $-180°$ auf $+600°$ wurden in Steinsalzkugeln radiale Zugspannungen erzeugt und aus dem Nichtzerspringen der Kugeln Zerreißfestigkeiten von $^1/_{10}$, vielleicht sogar $^1/_3$ der Idealgitterfestigkeit errechnet[3]. Da jedoch bekannt ist, daß bei raschem Temperaturwechsel in Steinsalz spontane Gleitungen entstehen[4], wird es sich auch hier offenbar nur um einen *durch plastische Verformung bewirkten Verfestigungseffekt* handeln können.

Die elektrischen Festigkeitseigenschaften der Krystalle würden nach JOFFÉ wesentlich mit der Ausbildung eines inhomogenen Potentialabfalles im Dielektricum zusammenhängen. Für Dielektrica, deren *Leitvermögen wesentlich mit ihren Verunreinigungsgehalten zusammenhängt* (Kalkspat, Gläser, Quarz, wahrscheinlich auch Glimmer, sonstiges technisches Isoliermaterial) kann dies als erwiesen und verständlich gelten. An Steinsalz angestellte, in anderem Zusammenhange genauer zu besprechende Untersuchungen, sowie Diffusionsmessungen an Ionenleitern sprechen jedoch für einen *merklich linearen Potentialabfall bei reinen Ionenleitern*. Die Feststellung der abnorm hohen Durchschlagsfeldstärken dünnster Schichten scheint nach den bisherigen Mitteilungen JOFFÉS für einheitliche reine feste Stoffe noch nicht vorgenommen worden zu sein.

[1] Naturwiss. 16, H. 23, 460 (1928).
[2] J. Math. a. Phys. 6, 133 (1927). — Physik. Z. 28, 911 (1927).
[3] N. SEMENOFF und A. WALTHER, Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Berlin: Julius Springer 1928.
[4] A. SMEKAL, Naturwiss. 10, 799 (1922).
[5] Z. Physik 22, 286 (1924); 31, 576 (1925).
[6] Z. Physik 28, 29 (1924); 31, 139 (1925).

[1] A. SMEKAL, Wien. Anz. 1927, 22, 46; Vortrag am VOLTA-Kongreß zu Como 1927.
[2] G. FRIEDEL, Bull. soc. Min. 48, 6 (1925).
[3] A. JOFFÉ u. M. LEWITSKY, Z. Physik 35, 442 (1926).
[4] F. RINNE, Z. Metallkde. 18, 37, 81 (1926); Abb. 11, 12.

Für Temperaturen unterhalb des Temperaturgebietes der erfolgreichen WAGNER-ROGOWSKIschen Wärmetheorie des elektrischen Durchschlages nimmt JOFFÉ an, daß der Durchschlag mit der Erzeugung neuer Ionen im Dielektricum *durch Stoßionisation der Leitungsionen* verknüpft ist. Diese Annahme wurde unabhängig auch von ROGOWSKI und vom Verf. gemacht[1]. Im Gegensatz zu den Ansichten der letzteren sollte es sich nach JOFFÉ dabei um Ionenbewegungen im Krystallgitter handeln. Eine eindeutige *Widerlegung dieser Auffassung* für die in Betracht kommenden Temperaturen ergibt sich aus der kürzlich vorgenommenen Analyse der Temperaturabhängigkeit des Leitvermögens zahlreicher fester Salze, vor allem auch des Steinsalzes[2]. *Die Ionenbewegungen können danach nur längs der Abweichungen vom regelmäßigen Gitterbau stattfinden.* Die Einschätzung der für das Eintreten der Stoßionisation maßgebenden Abtrennungsarbeit der gebundenen Ionen muß daraufhin merklich zu hoch ausfallen. Tatsächlich schließt JOFFÉ aus seinen Messungen an Gläsern auf eine Abtrennungsarbeit von etwa 10 Volt, wogegen der Temperaturgang des Leitvermögens für die Alkaliionen des Glases rund 1 Volt, für die nächst leichter abtrennbaren Erdalkaliionen etwa 4 Volt ergibt.

Eine bisher durchwegs *befriedigende Deutung der mechanischen und elektrischen Festigkeitseigenschaften*, welche nebenbei auch die qualitativen und quantitativen *Gesetzmäßigkeiten der Elektrizitätsleitung und der Diffusionsvorgänge in Krystallen* umfaßt, ist in den zitierten Arbeiten des Verf. *von einheitlichen Gesichtspunkten ausgehend* entwickelt worden. Sie gründet sich auf die Erkenntnis, *daß auch die reinsten, bestgewachsenen Krystalle keine Idealkrystalle sind.* Der Realkrystall besitzt *amikroskopische Abweichungen vom idealen Gitterbau*, welche offenbar mit dem *Einfluß thermischer Schwankungsvorgänge auf das Krystallwachstum* zusammenhängen. Die systematische Vergleichung von Steinsalzkrystallen, welche aus der Schmelze (*hohe* Temperatur) und aus Lösung (*tiefe* Temperatur) entstanden sind, hat dies für alle jene bisher untersuchten Krystalleigenschaften zu bestätigen vermocht, welche „Lockerstellen"-Effekte voraussehen lassen. Die Röntgenfärbung, das Ionenleitvermögen, dessen Änderung mit der Feldstärke, die Spaltfestigkeit, das Wärmeleitvermögen (EUCKEN), sowie anscheinend auch die Lichtzerstreuung zeigen Verschiedenheiten, die nur auf Grund einer *Vermehrung der Lockerstellen mit zunehmender Krystallisationstemperatur* zu verstehen sind, worüber an anderem Orte eingehender berichtet werden wird.

Wien, den 24. Juni 1928. ADOLF SMEKAL.

* * *

Einer Anregung der Redaktion folgend, möchte ich zu dem vorstehenden Artikel von Herrn A. SMEKAL Stellung nehmen:

Ich habe bis jetzt jede Polemik mit Herrn SMEKAL vermieden, obwohl er in seinen zahlreichen Schriften einen von mir abweichenden Standpunkt einnimmt. Meine Erfahrung ging dahin, daß der von ihm vertretene Gesichtspunkt zwar interessant, aber von untergeordneter Bedeutung für die prinzipiellen Fragen des festen Zustandes ist. Wenn aber Herr SMEKAL behauptet, daß die von Herrn JORDAN wiedergegebene Deutung meiner Experimente, die ja nur eine Formulierung der beobachteten Tatsachen darstellt, „durch neuere Ergebnisse widerlegt" sind, und daß seine Vorstellung eine allumfassende Theorie enthält, so möchte ich zeigen, daß dem nicht so ist.

Was die mechanische Festigkeit betrifft, so ist doch die physikalisch wichtige Frage: ob die molekularen Kohäsionskräfte von der theoretischen Größenordnung (ca. 200 kg/mm² für Steinsalz) oder von der technischen (0,4 kg/mm²) sind. Findet man, daß die theoretische Festigkeit nahezu (ca. 160 kg/mm²) erreicht, wenn die Oberfläche dauernd und rasch genug durch Wasser erneuert wird, so sehe ich es als eine Bestätigung des theoretischen Wertes. Ob dabei eine plastische Verformung (Gleitung und Drehung der einzelnen Krystalle) stattfindet, ist für die Hauptfrage unwesentlich. Es betrifft eine andere Erscheinung — die Erhöhung der Elastizitätsgrenze. Wenn Herr SMEKAL sagt: es ist nicht wahr, daß die Festigkeit des Krystalls so groß ist, es wäre die Verfestigung, so ist folgendes zu bedenken. Wären die Kohäsionskräfte der Krystalle von der Größenordnung von 0,4 kg/mm², so könnte auch ein Krystallaggregat nicht eine Spannung von 160 kg aushalten.

Die nähere Erklärung des Einflusses des Wassers auf Steinsalz ist allerdings weniger sicher. Die einfachste Vorstellung, die mit den Experimenten von GRIFFITH[1] am Glas und seinen Rechnungen im vollen Einklange steht, ist die Annahme, daß Wasser die gefährlichen Oberflächenrisse entfernt. Eine andere von POLANYI und W. EWALD vorgeschlagene Erklärung, daß Wasser primär nur die Elastizitätsgrenze erniedrigt, wurde durch direkte Experimente von mir und Frl. LEWITSKY[2] widerlegt. Wie dem auch sei, zur Kohäsionsfrage hat es wenig Beziehung. Die einzige Hypothese, die die Kohäsionsfrage angreift, ist das Eindringen des Wassers in das Innere des Krystallgitters. Wie daraus eine 400fache Festigkeit resultiert, bleibt noch ein Rätsel für sich.

Um aber auch dieser Möglichkeit aus dem Wege zu gehen und gleichzeitig die Gleitung und plastische Verformung auszuschalten, haben wir die Festigkeit bei allseitigem und gleichmäßigem Zug geprüft. Dabei war kein Wasser vorhanden. Die Oberfläche war von Dehnungskräften frei, und der hohe allseitige Zug wurde im Zentrum gleichmäßig rasch erhitzten Krystallkugel entwickelt. Auch hier erhielten wir Spannungen bis zu 70 kg/mm² allerdings nur unter der Voraussetzung, daß mit großer Sorgfalt jede Ungleichmäßigkeit der Erwärmung vermieden wurde. Eine Ungleichmäßigkeit führte zur Gleitung, die bald zu einem Sprung wurde. Nun sagt Herr SMEKAL: „Da jedoch bekannt ist, daß bei raschem Temperaturwechsel in Steinsalz spontane Gleitungen entstehen . . .", so soll auch hier nicht Festigkeit, sondern „Verfestigungseffekt" vorhanden sein. Die Folgen eines Temperaturwechsels sind, je nach der Form des Körpers und der Temperaturfunktion auf der Oberfläche, ganz verschieden. Es können dabei die von Prof. RINNE so schön demonstrierten Gleitungen entstehen. Was aber in dem von uns speziell ausgesuchten Fall einer gleichmäßig erwärmten Kugel eintritt, wurde theoretisch von meinem Mitarbeiter Herrn G. GRÜNBERG[3] ausgerechnet. Weshalb während der höchsten Zugspannung bei tiefen Temperaturen (— 180° C) im Zentrum Gleitungen zu be-

[1] W. ROGOWSKI, Arch. Elektrot. 18, 123 (1927). — A. SMEKAL, Arch. Elektrot. 18, 525 (1927). — Z. techn. Physik 8, 203 (1927).

[2] A. SMEKAL, Z. techn. Physik 8, 561 (1927). — Z. Physik 45, 203 (1927). — Z. Elektrochem. 34 (1928) Vortrag von der Münchener BUNSEN-Tagung).

[1] GRIFFITH, Proc. Inst. Congr. Appl. Mech. Delft 1924; Proc. roy. Soc. 1923.

[2] A. JOFFÉ u. M. LEVITSKY, Z. Physik 35, 442 (1926).

[3] G. GRÜNBERG, Z. Physik 35, 548 (1926).

fürchten sind, ist mir nicht klar. Es scheint auch nur eine Ausrede zu sein.

Wie gesagt, kommt es auch auf die fraglichen Gleitungen nicht an. Ein Eindringen von Zinn und Blei in das Krystallgitter ist wohl ausgeschlossen; folglich bleibt die Existenz der hohen Kohäsion des festen Krystalls oder Krystallaggregates außer Zweifel.

Nun die hohe elektrische Festigkeit. Weshalb Herr SMEKAL die Festigkeit dünner Schichten mit dem Potentialverlauf im Dielektricum in so enge Beziehung bringt, ist mir nicht ganz klar. Vielleicht weil ich zuerst einen abnorm hohen Potentialfall in einer dünnen Schicht, gebildet durch eine konzentrierte Raumladung, beobachtet habe. Das ist aber ein historischer, kein physikalischer Zusammenhang. Nebenbei gesagt: über 200 verschiedene reine und zusammengesetzte Stoffe sind von uns in dieser Richtung eingehend untersucht, wie ich schon am anderen Orte erwähnt habe.

Ebensowenig klar sind mir die nachfolgenden Ausführungen. Was will Herr SMEKAL bestreiten? Es wurde durch zahlreiche und genaue Messungen festgestellt, daß oberhalb der Ionisationsgrenze neue Ionen gebildet werden in einer Anzahl, die exponentiell mit der Dicke ansteigt und folglich den Charakter einer Stoßionisation hat. Es ist auch davon nicht die Rede bei Herrn SMEKAL; sondern ob die Ionenbewegung im Ionengitter oder an deren Unregelmäßigkeiten stattfindet. Es ist ein Verdienst von Herrn SMEKAL, an die Existenz der physikalischen Unregelmäßigkeiten in realen Krystallen erinnert und die möglichen Konsequenzen gezogen zu haben.

Doch die Unregelmäßigkeiten der Krystallisation zu einem Allheilmittel zu machen, ist wohl eine Überschätzung deren Bedeutung. Es gibt auch andere Erscheinungen in Krystallen.

Wesentlich ist die Vorstellung für die Beschreibung des Mechanismus der Ionenleitung. Wird die thermische Dissoziation durch mechanische Unregelmäßigkeiten des Krystallbaues (wie Herr SMEKAL annimmt) durch chemische Beimengungen oder durch normale Dissoziation des Krystallgitters bestimmt? Wir fanden, daß durch mehrfache äußerst sorgfältige Krystallisation eine Anzahl Krystalle erhalten werden kann, die chemisch so rein sind, daß sie keine Leitfähigkeitsdifferenzen mehr zeigen. Die sonst auftretenden Unterschiede sind chemischen Ursprunges. Erzeugt man dagegen[1] künstlich mechanische Ungleichmäßigkeiten durch plastische Verformung, wobei sowohl die Anzahl wie die Schärfe der Unregelmäßigkeiten stark anwächst und sie eine Größenordnung von 10^{-5} erreichen, so hat es keinen Einfluß auf die Leitfähigkeit. Meine Erfahrung führt mich zu der Meinung, daß die mechanischen Unregelmäßigkeiten des Krystallisationsvorganges für die Leitfähigkeit gut ausgebildeter Krystalle von ganz untergeordneter Bedeutung ist.

In einem Punkte gebe ich Herrn SMEKAL recht: der Zusammenhang des Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit mit der Dissoziationsarbeit ist eine wesentliche Frage, die aber leider bis jetzt nicht entschieden ist. Es ist klar, daß die Dissoziationsarbeit viel kleiner sein muß als die potentielle Energie eines Ions im Krystallgitter, da das dissoziierte Ion im Krystallbau bleibt und nur eine geregelte in eine ungeregelte Stellung einwechselt. Die Rechnung ist recht kompliziert. Sie wird von Herren GRÜNBERG und FRENKEL jetzt durchgeführt. Es scheint, daß der Erfolg gegen Herrn SMEKAL spricht. Ich bin einverstanden, daß die Rechnungen von Herrn BRAUNBECK, die gegen Herrn SMEKAL liefen, ebenso wie die Überlegungen des Herrn SMEKAL selbst, keine endgültige Lösung darstellen. Wir wollen abwarten, wie sich die genaue Lösung stellt und wie die direkten Experimente von Herrn ZECHNOWITZER ausfallen. Vorläufig sehe ich hier eine ungelöste Schwierigkeit, keinen Widerspruch.

Aus der Idee, daß durch thermische Schwankungen während der Krystallisation ein nicht ideales Gitter entsteht, zu folgern, daß jede Erscheinung dadurch quantitativ erklärt werden muß, ist zu viel verlangt. Eine Behauptung wird nicht zur Wahrheit, auch wenn sie noch so oft wiederholt wird. Nur das Experiment entscheidet.

Wir zeigten, daß jedesmal, wenn der Einfluß der Oberfläche ausgeschaltet wurde, mechanische Spannungen bis zur Größenordnung der theoretischen Festigkeit (ca. 160 kg/mm² für Steinsalz) erzeugt werden können. Wir haben weiter gezeigt, daß, falls Wärmedurchschlag und Stoßionisation vermieden werden, elektrische Feldstärken bis zur theoretischen elektrischen Festigkeit ($1{,}5 \times 10^8$ Volts/cm für heteropolare und 1×10^9 Volts/cm für homeopolare Stoffe) beobachtet werden. Heißt das nicht, daß die theoretische Festigkeit existiert, und daß die BORNsche Gittertheorie richtige Resultate liefert?

Leningrad, Physikalisch-Technisches Laboratorium, den 28. Juli 1928. A. JOFFÉ.

[1] A. JOFFÉ und E. ZECHNOWITZER, Z. Phys. 35 (1926).

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 27. Juni 1928 hielten Professor HARALD U. SVERDRUP (Bergen) und Captain AULT, der Leiter der **„Carnegie"-Expedition**, Vorträge über die früheren Reisen des Schiffes und die dabei erzielten Ergebnisse, sowie über das Programm der jetzigen, siebenten Kreuzfahrt. Die Carnegie Institution in Washington hatte bereits seit 1905 auf drei Fahrten mit dem Schiff „Galilee" Untersuchungen über die Verteilung der erdmagnetischen Elemente im Pazifischen Ozean anstellen lassen. Um diese Forschungen ausgiebiger und exakter gestalten zu können, wurde ein besonderes Segelschiff, die Brigantine „Carnegie" von 568 Tons Deplacement erbaut, bei welchem die Verwendung von Eisen und Stahl auf ein Minimum beschränkt, und für alle Metallgeräte, wie Anker, Motor, Nägel, Bolzel, usw. wesentlich Kupfer, Bronze und Manganstahl benutzt wurde. Für die magnetischen Beobachtungen sind zwei besonders konstruierte Räume vorgesehen, die an Deck drehbare Kuppeln tragen, und so auch die Anstellung der nötigen astronomischen Beobachtungen ermöglichen. Auf sechs Reisen hat die „Carnegie" von 1909 bis 1921 sämtliche Ozeane von 80° Nord bis 60° Süd durchquert und namentlich den Verlauf der für die Schiffahrt so wichtigen Isogonen berichtigen können. Im Indischen Ozean ergab sich, daß die bisher angenommenen Werte der magnetischen Deklination Fehler bis zu 8° aufwiesen. Zur Kontrolle der säkularen Variation des Erdmagnetismus auf der südlichen Halbkugel wurden feste Beobachtungsstationen in Watheroo (West-Australien) und Huancayo (Peru) eingerichtet. Die luftelektrischen Messungen ergaben das höchst merkwürdige Resultat, daß ein tägliches Maximum des Potentialgefälles überall gleichzeitig um 18 Uhr Greenwicher Zeit auftritt, eine bisher rätselhafte Eigentümlichkeit, welche SVERDRUP auch durch seine mehrjährigen Messungen an Bord der „Maud" im sibirischen Eismeer bestätigt fand.

Auf der jetzt begonnenen siebenten Reise wird sich die Expedition nicht auf erdmagnetische und luftelektrische Messungen beschränken, vielmehr zum Teil nach dem Muster der Deutschen Atlantischen Expedi-

tion auf dem „Meteor" auch ozeanographische, meteorologische und biologische Untersuchungen anstellen. Die Meerestiefen sollen durch akustische Echolotmethoden bestimmt, Temperatur und Salzgehalt an der Oberfläche wie in den tieferen Wasserschichten gemessen werden. Die Wechselbeziehungen zwischen den unteren Schichten der Luft und den oberen des Meerwassers erfordern meteorologische Untersuchungen verschiedener Art. Insbesondere hofft man durch Messungen der Sonnenstrahlung und der radioaktiven Strahlung, die bisher auf See noch nicht in wünschenswertem Ausmaß angestellt worden sind, Aufschlüsse über die Veränderlichkeit dieser wichtigen Energiequellen zu erhalten. Der Salzgehalt des Meerwassers wird auf elektrischem Wege nach der Wennerschen Methode bestimmt und die Oberflächentemperatur des Seewassers mit einem Thermographen von NEGRETTI und ZAMBRA registriert. Chemische Untersuchungen und das Studium der Planktonorganismen vervollständigen das überaus reiche Arbeitsprogramm.

Um den neugestellten Aufgaben zu genügen, mußte das Schiff erheblichen Umbauten unterzogen werden und eine ganz neue Ausrüstung erhalten. Auf dem Hauptdeck wurden zwei neue Laboratorien errichtet, eines für die ozeanographischen Untersuchungen, ein zweites für die akustischen Tiefenmessungen und die Experimente mit Radiowellen. Die Besatzung des Schiffes beträgt 25 Mann, von denen 8 dem wissenschaftlichen Stab der Expedition angehören.

Den auf den früheren sechs Fahrten von der „Carnegie" zurückgelegten 467000 Kilometern wird die jetzige Reise 177000 neue hinzufügen, denn auch dieses Mal beabsichtigt man sämtliche Ozeane nach verschiedenen Richtungen hin zu durchkreuzen. Die Fahrt geht über Plymouth, Hamburg, Island, Barbados, durch den Panama-Kanal zur Oster-Insel, nach Callao in Peru, zu den Inseln Tahiti, Samoa und Guam, nach Yokohama, San Franzisko, Honolulu, Neuseeland, Süd-Georgien, St. Helena, Kapstadt, Ceylon, der Insel St. Paul im Indischen Ozean, Freemantle in Westaustralien, Rapa Island im südlichen Stillen Ozean, Buenos Aires, Ponta Delgada auf Madeira und zurück nach den Vereinigten Staaten. Die Dauer der Expedition ist auf $3^1/_2$ Jahre veranschlagt. O. BASCHIN.

Mitteilungen aus der Meteorologie und Klimatologie.

Über die Mechanik der Tromben und Tornados. Die Mechanik der gewaltigen Luftwirbelerscheinungen, wie wir sie in jedem Jahre in den so zerstörend wirkenden nordamerikanischen Tornados, in geringerem Maße aber auch in den europäischen Tromben erleben, ist durchaus noch nicht geklärt. Die auch heute noch vielfach vertretene Ansicht, daß sie nur die Achse eines aufsteigenden Luftstromes darstellen und ihnen bei der Gewitterbildung eine Zentralstellung zukommt, läßt sich bei aufmerksamer Verarbeitung aller Beobachtungstatsachen sicher nicht aufrecht erhalten. A. WEGENER vertritt seit Jahren die Ansicht, daß der Hauptteil der Trombe in einem horizontal liegenden, in der Wolke verborgenen Schlauch besteht, während der für uns sichtbare Teil nur dessen herabhängendes Ende vorstellt, und versucht diese Anschauung neuerdings[1] durch weiteres Beobachtungsmaterial zu erhärten. Den Beweis für die Existenz eines Mutterwirbels mit horizontaler Achse wird in folgenden Tatsachen erblickt. Der Trombenwirbel wächst nicht vom Boden nach den Wolken zu, sondern von den Wolken nach dem Boden. Die hüpfende Bewegung des Trombenschlauches mit dem Aussetzen in der Zerstörungsspur folgt hieraus. Die Trombe steht ferner nicht unter dem Hauptaufbau des Kumulo-Nimbus, sondern seitlich davon. Häufig ist unterhalb der Wolke ein Umbiegen des Trombenschlauches festzustellen, und zwar nach der Seite des Regengusses hin. Der bedeutende Energieverbrauch im Asgardsweg, d. h. dem Zerstörungsweg, kann nur aus dem Mutterwirbel erneuert werden. Es ist auch ein einzelner Fall bekanntgeworden, in dem der horizontale Wirbel gesehen wurde. Den größten Wert legt A. WEGENER aber auf das Vorhandensein eines *äußeren* Streufeldes, im Gegensatz zum *inneren* Streufeld, in dem die aus dem Asgardsweg fortgeschleuderten Gegenstände niederfallen und das bisher auch nur beschrieben wurde. Das *äußere* Streufeld liegt auf der anderen Seite der Hagelzone. In ihm sind, wie WEGENER an wenigen Beispielen beweist, Gegenstände niedergefallen, die aus der bis zu 50 km entfernten Trombenbahn abgehoben wurden. Nur ein Wirbel mit horizontaler Achse gibt die Möglichkeit, daß sich selbst schwere Gegenstände so lange schwebend erhalten können. Das Ende des Mutterwirbels wird als offen angesehen.

Da die herabgefallenen Gegenstände teilweise mit einer dem Beobachtern sehr auffallenden Eiskruste überzogen waren, muß der Mutterwirbel bereits in der Region der unterkühlten Wassertröpfchen liegen; dies trifft im Sommer eher für das Alto-Kumulusniveau (etwa 4000 m) als für das Kumulusniveau (etwa 1500 m) zu. Eine kritische Diskussion einiger europäischer Tromben mit zyklonalem Rotationssinn ergab auch die zu fordernde Stellung der Tromben rechts vom Hagelsturz.

Offenbar haben wir in der Trombenform nur den Ausdruck für die vollzogene Sammlung von Elementarwirbeln. Nach WEGENERS Ansicht kann diese Sammlung der Wirbelenergie sehr wohl an dem Vorderrand des Kumulo-Nimbus vor sich gehen, dort wo er eine mit Windzunahme verbundene Schichtgrenze durchbricht. Kumuli, die in eine windstärkere Schicht vorstoßen, zeigen tatsächlich zeitweise eine an die Brandungswoge erinnernde wirbelartige Form.

Die entwickelten Anschauungen möchte A. WEGENER zunächst nur als Arbeitshypothese aufgefaßt wissen. Zur Klärung bedarf es noch weiteren Beobachtungsmaterials, und es wäre daher sehr erwünscht, wenn auch die amerikanischen Meteorologen an ihrem viel reichlicheren Tromben- und Tornadomaterial diese Ansichten nachprüfen würden.

Neue Vorschläge zur Verbesserung der Methodik bei meteorologisch-klimatologischen Bearbeitungen. Die Arbeitsmethoden meteorologisch-klimatologischer Untersuchungen sind sicher verbesserungsfähig und auch verbesserungsbedürftig. Beachtung verdienen besonders solche Versuche, die darauf hinzielen, die bisher meist zeitraubenden Methoden durch schnellere zu ersetzen. Der ungeheuere, von Jahr zu Jahr immer mehr anschwellende Beobachtungsstoff verlangt sehr danach. Neuerdings hat sich in dieser Richtung neben anderen besonders L. W. POLLAK, a. o. Professor der deutschen Universität in Prag, bemüht, indem er sich für stärkere Anwendung der in der mathematischen Statistik gebräuchlichen Begriffe und Methoden auf meteorologische Probleme einsetzte. Vor allem ist es ihm gelungen einen Weg zu zeigen, der es erlaubt, die für die Anwendung der statistischen Methoden unentbehrliche Verteilungstafel

[1] Meteorol. Z. **1928**, 201–214.

des betreffenden Kollektivs in sehr viel kürzerer Zeit als nach der bisherigen Auszählmethode zu gewinnen. POLLAK empfiehlt die Anwendung des Lochkartenverfahrens und der statistischen automatisch wirkenden Zähl- und Sortiermaschinen, wie sie in den Systemen von HOLLERITH oder POWERS bereits an großen statistischen Ämtern in Gebrauch sind. Selbstverständlich darf den meteorologischen Zentralanstalten, die jetzt schon mit dem bisherigen Stoff häufig nicht fertig werden, durch Anwendung neuer Arbeitsmethoden keine Mehrbelastung entstehen. Da man auf die bisher gebräuchlichen Zusammenstellungen auf keinen Fall verzichten kann, würde dies aber der Fall sein, wenn die Lochkarten, von denen eine für jeden Tag angefertigt werden muß, alle von der Zentralanstalt gelocht würden. Deshalb wird geplant, diese Arbeit auf die meteorologischen Stationen zu verteilen, und es ist ein einfacher, billiger Handlochapparat gebaut worden, der an die Stationen abgegeben wird. Ein praktischer Versuch ist bereits im Netze der Tschechoslowakischen Republik im Gange, wo seit einigen Monaten 20 Stationen mit einem solchen Handlochapparat ausgerüstet worden sind. Verständlicherweise wird in meteorologischen Kreisen dem Lochkartenverfahren großes Interesse entgegengebracht, und es ist bereits angeregt, daß sich auch das im nächsten Jahre wieder zusammentretende Internationale Meteorologische Komitee mit dieser Frage befassen soll. Andererseits darf natürlich nicht übersehen werden, daß trotz der Dezentralisierung der Lochkartenherstellung den meteorologischen Zentralen in der Nachprüfung dieser Arbeit eine beträchtliche Mehrbelastung erwächst.

L. W. POLLAK ist nicht bei seinem Vorschlag der Verbesserung der Arbeitsmethode stehen geblieben, sondern hat dessen Vorteile an einen besonderen Beispiel dargelegt. Im Statistischen Staatsamt in Prag wurden unter Ausnutzung der dort zur Verfügung stehenden vollkommenen maschinellen Einrichtungen die Luftdruckverteilungstafeln (reduziert auf 0° und Meeresniveau) für 111 europäische Stationen berechnet und nach Entwicklung in die BRUNSSche Φ bzw. φ Reihe sog. verallgemeinerte Isobaren gezeichnet, die die Charakteristiken der Frequenzkurven durch Isoplethen darstellen. Die in ihrem Aufbau sehr klar durchgeführte Untersuchung ist unter dem Titel: *Charakteristiken der Luftdruckfrequenzkurven und verallgemeinerte Isobaren in Europa* als 1. Heft der vom Statistischen Staatsamte herausgegebenen „Prager geophysikalischen Studien"[1] erschienen. Aus dem Vorwort erfahren wir, daß sich diese neue Veröffentlichungsserie zum Ziel gesetzt hat auch weiterhin die rechnerischen Unterlagen für bestimmte theoretische und praktische Untersuchungen aus der Geophysik und Meteorologie mit Hilfe der maschinellen Einrichtungen eines modernen statistischen Büros der Fachwelt in bequemster Form zu unterbreiten, ein Plan, der von den daran Interessierten sicher nur begrüßt werden kann. Vor einer Überschätzung der neuen Methoden muß, wie es C. W. POLLAK gleichfalls mehrfach tut, aber auch hier gewarnt werden. Eine ausschließliche Bearbeitung des meteorologischen Beobachtungsmaterials in statistischer Form muß stets unbefriedigend bleiben, und außerdem muß am Anfang der Anwendung der oft sehr mühevollen Methoden unbedingt ein *Problem* stehen, das den Arbeitsaufwand zu lohnen verspricht. Es darf nicht übersehen werden, daß die kritiklose Anwendung maschineller Methoden zwar leicht eine Menge von Rechenergebnissen liefern wird, daß damit aber deren Deutung noch nicht gegeben ist.

Als Hauptergebnis der vorliegenden Untersuchung sei schließlich noch mitgeteilt, daß in Europa an keinem Orte die Luftdruckfrequenzkurve die Form der GAUSSschen Fehlerverteilungsfunktion erreicht. „Schiefe" und „Exzeß" werden niemals gleichzeitig gleich Null. Kleine positive bis negative Schiefe und geringe Beträge des Exzesses zeichnen das kontinentale Klima, große positive Schiefe das ozeanische und subtropische Klima aus. Im subtropischen Klima ist daneben ein großer positiver Exzeß vorhanden. Zunahme der Höhe wirkt sich in ähnlicher Weise wie die Kontinentalität auf die Form der Luftdruckfrequenzkurven aus.

Zum Klima der Sahara. Die Klimakunde der Wüsten ist etwas, was noch besonderer Pflege bedarf und dankbar begrüßt der Fachmann die Veröffentlichung der meteorologischen Daten, die O. OLUFSEN[1] auf seiner Reise in der westlichen Sahara im Winter 1922 bis 1923 gesammelt hat. Leider ist die Veröffentlichungsform nicht sehr glücklich, da das eigentliche Zahlenmaterial nicht in übersichtlichen Tabellen zusammengestellt ist, sondern unter den übrigen Bemerkungen über den Witterungsverlauf untergeht. Wertvoll sind aber die einleitenden Ausführungen über das Klima der Sahara überhaupt.

Die Behauptung, daß sommerliche Temperaturen von 70° vorkommen können hält OLUFSEN für übertrieben. Nach seiner Meinung dürfte 60° das absolute Maximum sein. Er selbst hat im Winter 1922/23 nur Hitzegrade bis zu ungefähr 40° angetroffen, aber die Witterung war in diesem Jahre durchaus anormal, wie die häufigen Regen im November, Dezember und Januar zeigten. Am Erdboden selbst sind jedoch so hohe Temperaturen beobachtet worden. An der Oberfläche der Dünen hat man 70° gemessen, wobei man nicht mehr auf der Stelle stehen kann. In den Wüstenfeldzügen soll es vorkommen, daß die Soldaten sich lieber den feindlichen Geschossen aussetzen, als durch Hinlegen auf den glühenden Boden Schutz suchen. Die Temperatur der Quellen, die aus 30—50 m Tiefe kommen, ist während des ganzen Jahres 20—25°. Frost und Reifbildung tritt in der kalten Jahreszeit häufig auf. Im Jahre 1910 wurde im Tidikelt eine Kälte von — 30° (!) beobachtet. Der Übergang von der Tageshitze zur nächtlichen Abkühlung ist sehr stark. Temperaturstürze von 40° innerhalb von wenigen Minuten können vorkommen. Unter den Einfluß des geringen Wasserdampfes in der Luft kühlt der Erdboden so stark ab, daß in der Nähe einer Quelle im Großen Erg eine Wasserschale, die zur Hälfte in den Sand eingegraben war, bis auf den Grund ausfror, während die Lufttemperatur noch 10° war (Höhe über dem Boden leider nicht angegeben). Andererseits erstreckt sich die starke Erhitzung des Bodens am Tage nur auf eine ganz dünne Oberflächenschicht, die somit außerordentlich große Tagesschwankungen zeigt.

Der *Niederschlag* in der Sahara wird noch auf 100 mm Jahressumme geschätzt. Es gibt aber auch viele Orte, wo Jahre vergehen bis es mal regnet. Der Niederschlag fällt in Form von stärksten Güssen, die in den tiefergelegenen Becken Überschwemmungen verursachen und den dort lagernden Karawanen gefährlich werden können. Im Oktober 1904 fielen in der Oase Ain Sefra in 2 Tagen 76 mm

[1] Tschechoslowakische Statistik 44, Reihe XII. Prag 1927.

[1] Mission O. OLUFSEN an Sahara 1922—1923. Le climat du Sahara. Observations météorologiques. Kopenhagen 1926.

Nebel sind selbst an den trockensten Stellen nicht selten und können so dicht sein, daß es schwer ist sich zu orientieren. *Schnee* hat OLUFSEN auf seiner Reise nicht beobachtet. Aber auf dem Haggar-Gebirge soll er fast in jedem Jahre fallen, und dann auch für einige Minuten, höchstens eine halbe Stunde, liegen bleiben. Bei den *Gewittern* wird häufig beobachtet, daß der Blitz zur Erde fährt, aber sonderbarerweise ist unter den Eingeborenen nicht bekannt, daß je ein Mensch in der Sahara vom Blitz erschlagen wurde.

Unerträglich ist der feine Sand, der stets mit dem beständig ziemlich frischen Winde, verfrachtet wird. Geradezu gefährlich werden die Sandstürme, von denen OLUFSEN eine gute Schilderung gibt. Harmlos sind dagegen die kleinen Staubtromben, die sehr häufig eine hinter der anderen über die Wüste ziehen.

Das häufig behauptete „Schweigen der Wüste" ist nicht vorhanden. Im Gegenteil, Geräusche der verschiedensten Art erfüllen stets die Luft. Allerdings sind es nicht Lebewesen, die die Geräusche hervorrufen, sondern die Erde selbst in ihren Umänderungen und Verlagerungen in Verbindung mit der Luftbewegung verursacht Töne, die denen des organischen Lebens ähnlich sind.

Niederschlag und Überschwemmungen in Nord-Bengalen 1870—1922. Als im Jahre 1922 das nördliche Bengalen durch weitverbreitete Überschwemmungen heimgesucht wurde, bildete die Regierung im Februar 1923 eine besondere Kommission, die den Zweck hatte, die Bedingungen dieser Fluten zu untersuchen und etwaige Abwehrmaßnahmen vorzuschlagen. Der vom Irrigation Department des Government of Bengal herausgegebene Bericht des meteorologischen Mitarbeiters P. C. MAHALANOBIS liegt nun vor. Seine Arbeit hatte mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen, da systematisch durchgeführte Aufzeichnungen über die aufgetretenen Fluten nicht vorlagen, und erst nach einer Durchsicht der offiziellen Regierungsberichte, der Zeitungen und Zeitschriften von Indien konnte eine nach der Stärke gruppierte Liste der im Zeitraum 1870—1922 aufgetretenen Überschwemmungen zusammengestellt werden. Es zeigte sich dabei, daß ernstliche Fluten im nördlichen Bengalen entweder im August oder September, d. h. etwa zu Mitte oder gegen Ende der Regenzeit aufzutreten pflegen,und daher beschäftigt sich die Untersuchung in der Hauptsache auch mit den meteorologischen Verhältnissen der Monate Juli bis September.

In dieser Zeit fallen normalerweise unter dem Einfluß der von der Bai von Bengalen in das Land ziehenden Monsunströmung im südlichen Teil des von den Überschwemmungen bedrohten Gebiets rund 750 mm, im nördlichen Teil unter dem Einfluß des Himalayagebirges aber bereits die dreifache Menge. Dieser Niederschlag fällt aber nicht mit einer gewissen Stetigkeit, und die stärksten Regengüsse sind an zyklonale Gebilde mit Sturmerscheinungen gebunden, die von der Bai auf stark wechselnden Zugstraßen nach dem Innern zu ziehen. Bei sämtlichen großen Überschwemmungen in den letzten 50 Jahren konnten solche Depressionen nachgewiesen werden. Verstärkt wurden die Fluten falls schon anhaltende Regen vorhergingen. Bemerkenswert für die Möglichkeit der Abwehrmaßnahmen ist der Nachweis, daß die stärksten Niederschläge im Überschwemmungsgebiet selbst fallen. Die Zufuhr aus benachbarten Gebieten ist bedeutungslos. Talsperrenbau als Abwehrmaßnahme kommt daher nicht in Frage. Zudem ist das Land so flach und das Gefälle so gering, daß die Wassermassen nur langsam abfließen. Eisenbahndämme bilden bereits ein merkbares Hindernis für diesen Abfluß. Die Häufigkeit der Fluten mag nicht allzu groß erscheinen. Allergrößte Überschwemmungen sind im Durchschnitt alle 7 Jahre, mäßig starke alle 4 Jahre zu erwarten. Wegen der langen Nachwirkung für den Ackerbau bedeuten sie aber doch Katastrophen für das Land. Eine wirksame Bekämpfung erscheint nach Lage der Dinge nicht möglich, vielmehr wird dieMöglichkeitangedeutet, daß infolge der Veränderungen, die in den Flußbetten vor sich gehen, die Überschwemmungsgefahr nach Häufigkeit und Stärke in Zukunft zunehmen kann. Irgend eine Veränderung der mittleren Regenmenge in Form einer Zunahme oder Abnahme ließ sich nicht aus der Beobachtungsreihe feststellen.

Die besonders starke, gut studierte Überschwemmung vom September 1922 war auf Regen am 23. bis 26. zurückzuführen, die in den Atrai- und Purnabhavabecken die größten Wassermengen niedergehen ließen. In Balurghat fielen in einer Woche 1270 mm, d. h. mehr als normalerweise in den 3 Monsunmonaten zu erwarten sind (890 mm).

Eine neue Sammlung langer Beobachtungsreihen. Die im Jahre 1923 zu Utrecht abgehaltene Meteorologenkonferenz hatte die Sammlung von langen und homogenen Beobachtungsreihen von der ganzen Erde beschlossen, die als bequeme Unterlage für die neuerdings sehr häufig in Angriff genommenen Untersuchungen über die Zusammenhänge der Witterungsanomalien dienen könnten. Das Ergebnis dieses Beschlusses liegt nun in Form eines stattlichen Tabellenwerkes vor, das unter dem Titel „World Weather Records"[1] von der Smithsonian Institution veröffentlicht worden ist. Als Herausgeber zeichnet H. H. CLAYTON, außer ihm waren noch F. EXNER, G. C. SIMPSON, G. WALKER, R. C. MOSSMAN an der Sammlung des Beobachtungsmateriales beteiligt. JOHN A. ROEBLING bestritt in uneigennütziger Weise die Druckkosten.

Im ganzen sind die Angaben von 388 Stationen veröffentlicht. Sie beziehen sich auf Monats- und Jahresmittel des Luftdruckes, der Temperatur und des Niederschlages. Eine Einleitung enthält für jede Station kurze Bemerkungen über die Quelle, die Anstellung der Beobachtungen, Art der Mittelbildung, etwaige Korrektionen u. a. m. Die mitgeteilten Reihen sind selbstverständlich verschieden lang. Die älteste ist die von Mailand, die mit 1764 beginnt. Sie enden nicht zu einem einheitlichen Zeitpunkt, sondern verschieden mit den Jahren 1920 bis 1926. Ein Anhang bringt die Sonnenfleckenrelativzahlen nach WOLF und WOLFER. Ein alphabetisch und ein nach 10° Breitenzonen geordnetes Stationsverzeichnis bilden den Schluß.

Leider ist das Werk ein Beweis für die Verwirrung, die in der Meteorologie noch bezüglich der benutzten Einheiten besteht. Der Luftdruck ist in Millimeter, Zoll und Millibar, die Temperatur in Celsius und Fahrenheit, der Niederschlag in Millimeter und Zoll angegeben. Trotz der sich daraus ergebenden Nachteile wird das Buch vielen Benutzern aber ein gut Teil Arbeit abnehmen und zu manchen Untersuchungen anregen. Es verdiente auch, wenn es über die eigentlichen Fachkreise hinaus bei all denen bekannt würde, die sich mit klimatologischen Fragen beschäftigen.

Notwendig wäre es allerdings, daß bald ein Berichtigungsverzeichnis erschiene, dem man auch zweckmäßigerweise eine Stationstafel beigeben sollte, die die Benutzung des hier angehäuften wichtigen Materials wesentlich erleichtern würde. K. KNOCH, Berlin.

[1] Smithsonian Miscellaneous Collections. Bd. 79, 8°, 1199 S. Preis 3 Doll. Washington 1927.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.